

В.В. ПЕГЛОВСЬКИЙ,  
кандидат технічних наук  
В.І. СИДОРКО,  
доктор технічних наук  
В.Н. ЛЯХОВ, інженер  
О.М. ПОТАЛИКО, інженер  
Науково-технологічний  
алмазний концерн  
«АЛКОН»  
НАН України



# Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації

*Частина 6. Мінералогічний склад природних каменів. Вплив мінералогічного складу каменів на енергоємність та трудомісткість їх обробки*

УДК.679.8. Даны сведения о компонентах минералогического состава, наиболее часто встречающихся в различных видах природных декоративных и полудрагоценных камней. Приведены данные о минералогическом составе многих природных камней. Рассмотрено влияние вида основного породообразующего минерала природных камней на энергоёмкость и трудоемкость их обработки.

Data on the components of mineralogical structure most often meeting in various kinds of natural and semiprecious stones are given. Data about mineralogical structure of many natural stones are cited. Influence of a kind of the basic mineral of natural stones on power consumption and labour input of their processing is considered.

У початкових частинах цієї роботи, присвяченій оброблюваності природного каміння, були розглянуті відомі класифікації природного

напівдорогоцінного та декоративного каміння [17], міцнісні властивості, які безпосередньо впливають на оброблюваність каменів [12]. Наведено дані про

енергоємність [13] та трудомісткість [14] обробки багатьох видів природних каменів та показано зв'язок цих параметрів обробки з міцнісними властивостями

ми природного каміння [13, 14]. Також розглянуто хімічний склад природного каміння та вплив вмісту деяких його компонентів на міцнісні властивості каменю, а також енергоємність і трудомісткість його обробки [15].

Більшість декоративних та напівдорогоцінних природних каменів є гірськими породами (граніти, лабрадорити, габро, мармури, мармурові онікси, яшми, порфіри, роговики та ін.). Гірські породи – це агрегати однакових або різних мінералів, які створюють геологічні тіла значних розмірів [8]. Вони є полімінеральними агрегатами, тобто утворені, як правило, багатьма мінералами. Мінерали (кальцит, доломіт, кварц, ортоклаз, лабрадор, анортит та ін.) – це однорідні природні неорганічні з'єднання, що мають певні постійні фізичні властивості та хімічний склад [8].

У таблицях 1–4 подано мінералогічний склад деяких видів декоративних каменів, які видобуваються в Україні: мармурів (табл. 1); габро (табл. 2); лабрадоритів (табл. 3); гранітів (табл. 4).

Мінералогічний склад – одне з найважливіших понять, що характеризує гірські породи. Він відображає процентний вміст різних мінералів у їхньому складі і є тією характеристикою, яку вважають приблизно сталою для каменю одного виду.

Відповідно до даних морфології мінералів (частини мінералогії, що вивчає форму мінералів), мінерали поділяють на монокристали (кристалічні індивіди), зростки кристалів (одного або різних мінералів) і мінеральні агрегати [7]. Саме мінеральні агрегати утворюють більшість відомих видів декоративного та напівдорогоцінного каміння.

У гірських породах (декоративних та напівдорогоцінних каменях), які ми розглядаємо, присутня значна частина відомих мінералів, загальна кількість яких складає тисячі найменувань.

Мінерали, що мають найбільший вміст у певному виді природного каменю (гірської породи), називаються основними породотвірними мінералами, а наявні в менших кількостях – другорядними [5].

У таблиці 5 наведено дані про основні породотвірні та другорядні мінерали деяких видів напівдорогоцінного каменю. Дані про мінералогічні особливості каменів (табл. 1–5) отримано в резуль-

Таблиця 1. Мінералогічний склад мармурів родовищ України

Вид мінералу Родовище	Вміст, %			
	Прибуйське (мармуризований вапняк)	Требушанське (мармур)	Довгорунське (мармуризований вапняк)	Термоксинське (мармур)
1. Кальцит	98	98-100	40-90	99-95
2. Доломіт	98	-	-	-
3. Кварц	-	-	5-30	-
4. Мусковіт	-	-	1-16	-
5. Хлорит	-	-	0,1-12	-
6. Інші	2	0-2	-	1-5

Таблиця 2. Мінералогічний склад габро родовищ України

Вид мінералу Родовище	Вміст, %			
	Олександрівське	Букинське	Добринське	Кам'янобрідське
1. Плагіоклаз	60-70	57-72	50-55	50-75
2. Калішпат	-	2-9	-	0-5
3. Піроксен	20-25	25-32	20-30	-
4. Олівін	3-5	-	5-15	0-15
5. Кварц	-	0-5	-	-
6. Авгіт	-	-	-	20-35
7. Біотит	-	-	-	0-5
8. Інші	0-2	0-3	5-8	-

Таблиця 3. Мінералогічний склад лабрадоритів родовищ України

Вид мінералу Родовище	Вміст, %			
	Андріївське	Букинське	Головинське	Осниківське
1. Плагіоклаз	70-90	57-72	87-99	70-94
2. Калішпат	1-2	2-9	0-6	-
3. Біотит	0-1	-	-	-
4. Піроксен	10-15	25-32	4	3-15
5. Олівін	0-2	0-3	0-2	0-10
6. Рудні мінерали	1-2	-	-	-
7. Кварц	-	-	0-2	-
8. Інші	-	-	-	0,3

Таблиця 4. Мінералогічний склад гранітів родовищ України

Вид мінералу Родовище	Вміст, %			
	Дідковицьке	Омелянівське	Маславське	Межирицьке
1. Калішпат	40-60	-	40-63	55-78
2. Мікроклін	-	20-80	-	-
3. Плагіоклаз	7-20	10-30	-	1-20
4. Кварц	20-30	15-70	40	15-40
5. Біотит	2-5	-	7	15
6. Рогова обманка	1-3	-	10	-
7. Апатит	-	-	2	-
8. Олівін	-	-	4	-
9. Інші	-	-	1	-

таті попередніх досліджень [11] або взято з літератури [1–7, 9, 10, 16, 18].

Найбільш поширеними видами мінералів, безумовно, є мінерали класу карбонатів різних груп, мінерали класу силікатів групи польових шпатів та групи кварцу.

Мінерали класу карбонатів (табл. 1, рядок 1, 2; табл. 5, рядок 1–7) є одними з найбільш поширених мінералів, які утворюють групи: кальциту (кальцит, магнезит, сидерит, родохрозит, смітсоніт); арагоніту (арагоніт, вітерит, стронціаніт, церусит); доломіту (доломіт, анкерит); малахіту (малахіт, азурит) та ін. [7]. Фізичні властивості цих мінералів різноманітні: їх твердість (за шкалою Мооса) коливається в межах від 3,0 відн. од. (кальцит) до 5,0 відн. од. (смітсоніт); щільність – у межах від 2,6 г/см<sup>3</sup> (кальцит) до 6,6 г/см<sup>3</sup> (церусит). У їх хімічному складі можуть бути наявні різні хімічні компоненти: СаО (кальцит), MgO (магнезит), FeO (сидерит), MnO (родохрозит), ZnO (смітсоніт), PbO (церусит) та інші, а також недмінно CO<sub>2</sub>.

Мінерали класу силікатів, група польових шпатів (алюмосилікати) (табл. 2, 3, рядок 1, 2; табл. 4, рядок 1-3; табл. 5, рядок 11, 12). Ці мінерали утворюють дві основні підгрупи.

Натрово-кальцієві – плагіоклази (альбіт, олігоклаз, андезин, лабрадор, бітовніт, анортит). Мінерали цієї підгрупи є основними породотвірними мінералами для деяких видів декоративного та напівдорогоцінного каміння: біломориту (альбіт), лабрадориту (лабрадор) та габро (анортит). Основні фізичні властивості цих мінералів такі: твердість (за шкалою Мооса) 6,0-6,5; щільність від 2,62 г/см<sup>3</sup> (альбіт) до 2,76 г/см<sup>3</sup> (анортит). Їх хімічний склад змінюється від альбіту до анортиту: альбіт (SiO<sub>2</sub> –

Таблиця 5. Основні породотвірні та другорядні мінерали мінералогічного складу напівдорогоцінних каменів

Найменування. Родовище. Країна	Основні породотвірні мінерали	Другорядні мінерали
1	2	3
Мармуровий онікс. Карлюкське. Казахстан	Кальцит	-
Офіокальцит. Росія	Вапняк	Благородний змійовик (офіт), ін.
Лиственіт. Росія	Анкерит, кварц	Тальк, слюда, мусковіт, ін.
Серпентиніт. Росія	Серпентин, (антігорит, хризотил), доломіт, ін.	Кальцит, гранати, піроксени, амфіболи, ін.
Лазурит. Росія	Лазурит, кальцит	Діопсид, доломіт, ін.
Скарн датолітовий. Росія	Датоліт, доломіт	Піроксени, магнезит, кальцит, вапняк, ін.
Родоніт. Росія	Родоніт, доломіт	Родохрозит, бустаміт, спесартин, кварц, ін.
Нефрит. Саянське. Росія	Тремоліт, актиноліт	Діопсид, шпінель, серпентин, апатит, кальцит, ін.
Чароїт. Росія	Чароїт	Егірин, кварц, пектоліт, мікроклін, ін.
Жадеїт. Росія	Жадеїт	Альбіт, амфіболи, слюда, ін.
Амазоніт. Росія	Амазоніт	Плагіоклази, кварц, слюда, ін.
Роговик. Росія	Польові шпати	Кварц
Джеспіліт. Україна	Кварц	Окиси заліза
Скам'яніле дерево. Україна	Кварц	Халцедон, опал
Яшма. Орське. Росія	Кварц, халцедон	Епідот, актиноліт, хлорит, слюда, ін.
Агат-перелівт. Росія.	Халцедон	-
Кварцит. Росія	Кварц	Слюда, плагіоклаз, тальк
Халцедон. Казахстан	Халцедон	-
Льодистий кварц. Україна	Кварц	-
Кварц-моріон. Україна	Кварц	-

68,8; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 19,5; Na<sub>2</sub>O – 10,8); анортит (SiO<sub>2</sub> – 43,3; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 36,6; СаО – 20,1). Таким чином, вміст компонентів хімічного складу у цьому ряді мінералів змінюється: вміст оксидів кремнію та натрію зменшується, а оксидів алюмінію та кальцію зростає.

Натрово-калієві – калішпати (санідин, ортоклаз, мікроклін, анортит, адуляр) [7]. Мінерали цієї підгрупи є основними породотвірними мінералами для деяких видів декоративного та напівдорогоцінного каміння:

граніту (ортоклаз, мікроклін), амазоніту (мікроклін), сонячного та місячного каменів (адуляр). Фізичні властивості цих мінералів приблизно такі самі, як у плагіоклазів: твердість (за шкалою Мооса) 6,0-6,5; щільність 2,6-2,7 г/см<sup>3</sup>. Їх хімічний склад подібний

(мікроклін та ортоклаз: SiO<sub>2</sub> – 64,7-65,7; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 18,4-18,7; Na<sub>2</sub>O – 0,0-2,9; K<sub>2</sub>O – 12,7-16,9).

Мінерали класу силікатів, група кварцу (табл. 1, рядок 3; табл. 2, рядок 5; табл. 3, рядок 7; табл. 4, рядок 4; табл. 5, рядок 13-20). Ця група включає: кварц, халцедон та опал. Цими мінералами сформовано багато різних, насамперед напівдорогоцінних видів каменю: кварцити (кварц), яшми та кремені (кварц, халцедон), скам'яніле дерево та кахолонг (халцедон, опал), ін. Крім того, різновиди цього мінералу як другорядні в значних кількостях присутні в гранітах (табл. 4), порфірах, роговиках та ін., а в малих кількостях – у каменях різних інших видів (табл. 1–3).

Усі види кварцу можна схарактеризувати таким чином. У складі кремнезему відомо декілька модифікацій кварцу, найбільш поширеними з них є α- та β-модифікації. Їх розрізняють в основному за температурою плавлення (кристалізації) [7, 15]. Саме ці різнови-



ди кварцу наявні в складі природних каменів (гірських порід та мінералів).

Кварц  $\alpha$ -модифікації зустрічається, як правило, у вигляді кристалів, а його різновиди відносять до підгрупи гірського кришталю. Камені цієї підгрупи розрізняють в основному за кольором і називають так: прозорий (гірський кришталю), блідо-фіолетовий (аметист), жовтуватий (цитрин), димчастий (раухтопаз), зеленуватий (празем), чорний (моріон), а також котяче, тигрове та соколине око, мармуровський діамант та ін.

Різновиди другого –  $\beta$ -кварцу (насамперед  $\beta_0$ , тридиміт і кристобаліт) трапляються у вигляді мінеральних агрегатів, їх відносять до підгрупи халцедону. Халцедон утворює цілу низку напівдорогоцінних каменів, що також розрізняються за кольором: халцедон (молочно-білий), агат (смугасти), сердолик (червонувато-коричневий), хризопраз (зеленуватий), джамбульський халцедон (яскраво-червоний), сапфірин (блакитнуватий), геліотроп (плямистий).

Ще один вид кварцу – опал (його аморфний різновид) створює свою підгрупу каменів. Розрізняють благородний і звичайний опали. Благородному притаманна властивість опалесценції (веселкова мінливість кольорів). За забарвленням розрізняють перловий опал, прозорий, молочний опал (гіаліт), опал рожевих, жовтих та червоних відтінків (вогненний), чорний або темно-фіолетовий опал, царський (кольору червоної бронзи) опал і деякі інші його різновиди. Більшість із них відносять до дорогоцінних каменів [17], і в цій роботі вони не будуть розглянуті.

З таблиці 5 видно, що, крім тих мінералів, які є основними породотвірними мінералами для декоративних каменів, у напівдорогоцінних каменях основними породотвірними мінералами можуть бути й деякі інші. Наприклад, анкерит (карбонат групи доломіту), антигорит і хризотил (силікати групи серпентину), лазурит (силікат групи содаліту), датоліт (силікат групи датоліту), тремоліт і актиноліт (силікати групи ам-

фіболів), жадеїт (силікат групи піроксенів), чароїт (складний силікат).

На рисунку показані зразки деяких видів природних каменів, використані при дослідженні енергоємності та трудомісткості обробки [13, 14]. У цих каменях основними породотвірними мінералами є ті, характеристики яких подано вище, а їх вміст у природних каменях наведений в таблицях 1–5. На рисунку представлені наступні види каменів: а – онікс кумишканський (Казахстан); б – лиственіт (Росія); в – мрамур (Іспанія); г – серпентиніт (Росія); д – габро олександрівське (Україна); е – лабрадорит (Норвегія); ж – амазоніт (Росія); з – біломорит (Росія); і – кварцит овруцький (Україна); к – халцедон джамбульський (Казахстан); л – агат (Росія); м – кахолонг (Росія).

Враховуючи дані про мінералогічний склад каменів та результати дослідження відносної енергоємності та трудомісткості їх обробки [13, 14], всі розглянуті види каменів можна об'єднати в групи, як показано в таблиці 6.

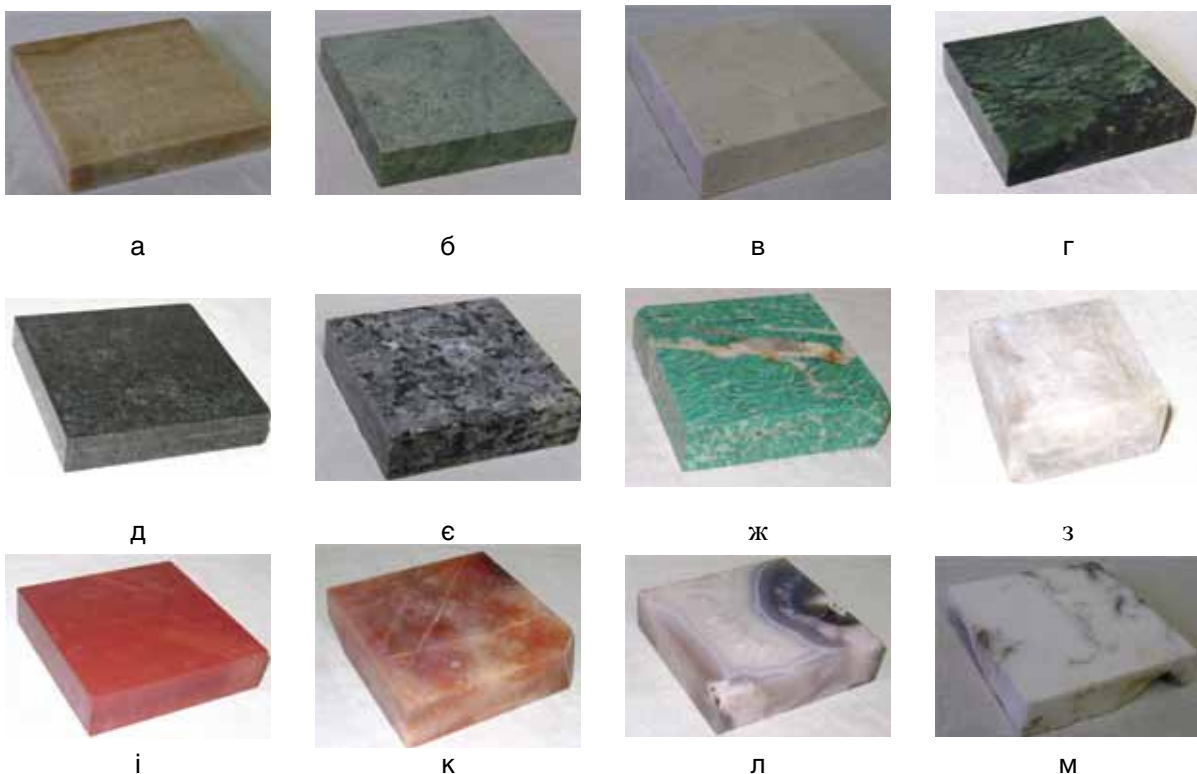


Рисунок. Зразки каменів, основними породотвірними мінералами котрих є: а – кальцит; б – анкерит; в – доломіт; г – серпентин; д – анортит; е – лабрадор; ж – мікроклін; з – альбіт; і – кварц; к, л – халцедон; м – опал та халцедон



Слід зазначити, що деякі види природних каменів при обробці показали значення відносної енергоємності та трудомісткості, які відрізняються від більшості каменів з близьким мінералогічним складом. Наприклад, нефрит та жадеїт показали вищу енергоємність обробки, ніж решта каменів своєї (другої) групи. І навпаки, біломорит та кварцит показали нижчі за очікувані значення відносної енергоємності обробки [14].

Те ж саме стосується трудомісткості. Наприклад, кремій та халцедон показали набагато вище значення трудомісткості обробки, ніж інші камені групи кварцу, і навпаки, деякі види лабрадориту (Головинське р-ще), габро, нефрит показали менші за очікувані значення трудомісткості обробки [13].

Виходячи з отриманих результатів, можна зробити висновок, що значення відносної енергоємності та трудомісткості обробки природних напівдорогоцінних та декоративних каменів суттєво залежать від мінералогічного складу цих каменів та їх належності до певного



Годинник "Маяк".  
Скарн, халцедон

класу (групи, підгрупи) хімічних сполук (карбонатів, силікатів).

Показники відносної енергоємності та трудомісткості їх обробки є важливими, проте не єдиними характеристиками процесу обробки (шліфування) каменю, і при розподілі природних каменів на групи за оброблюваністю їх потрібно враховувати в комплексі з міцнісними властивостями природних каменів, особливістю їх хімічного складу та іншими чинниками.

Такий комплексний підхід до оброблюваності каменів дозволить кваліфіковано призначати технологічні параметри їх обробки залежно від їх належності до тієї чи іншої групи, що є особливо актуальним при виготовленні різних виробів з каменю.

Таблиця 6. Особливості обробки декоративного та напівдорогоцінного каменю залежно від їх мінералогічного складу

Вид каменю	Основні породотвірні мінерали	Відносна енергоємність, е	Відносна трудомісткість, t
1. Мармури, мармуризований вапняк, травертин, туф, брекчія, мармурові онікси, офіокальцит, лиственіт, малахіт, ін.	Карбонати різних груп. Кальцит, доломіт, вапняк, анкерит, іноді кварц та ін.	1,0–1,2	До 20
2. Габро, лабрадорит, граніт, роговик, нефрит, жадеїт, обсидіан, біломорит, родоніт, чароїт, амазоніт, серпентиніт, лазурит, ін.	Силікати різних груп. Польові шпати, піроксени, амфіболи, складні силікати, серпентин та ін.	1,2–1,7	20–600
3. Кварц (моріон, льодистий та ін.), халцедон (агат, сердолік та ін.), джеспіліт, кварцит, яшма, скаміяніле дерево, кремій, кахолонг, ін.	Силікати групи кварцу. Кварц, халцедон, опал	1,7–2,0	Більше 600

## Використана література

1. Григорович М.Е. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 12. – Декоративно-облицовочные камни. / Под ред. Е.Я. Киевленко. – М.: ЦСПХП Мингеологии СССР ВГ. – 1977. – 90 с.
2. Григорович М.Е., Арифурова Т.Е. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 14. – Окаменелое дерево и рисунчатый кремень. / Под ред. Е.Я. Киевленко. – М.: ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФю. – 1976. – 60 с.
3. Григорович М.Б. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 19. – Амазонит и амазонитовые породы. / Под ред. Е.Я. Киевленко. – М.: Изд. ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ. – 1978. – 54 с.
4. Давыденко А.Г. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. Вып. – 4. – Лазурит. / Под ред. Е.Я. Киевленко. – М.: Изд. ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ. – 1975. – 50 с.
5. Добыча и обработка природного камня. Справочник / Под ред. Смирнова. А.Г. – М.: Недра, 1990. – 445 с.
6. Замалетдинов Р.С. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 3. – Нефрит. / Под ред. Е.Я. Киевленко. – М.: Изд. ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ. – 1974. – 49 с.
7. Лазаренко Е.К. Курс минералогии. Учебник для университетов. – М.: Высшая школа, 1971. – 608 с.
8. Лидин Г.Д., Воронина Л.Д., Каплунов Д.Р. Горное дело. Терминологический словарь. – М.: Недра, 1990. – 694 с.
9. Морозова Н.И., Хакимов А.Х., Арифурова Т.Е. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 11. – Агат. / Под ред. Е.Я. Киевленко. – М.: Изд. ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ. – 1976. – 70 с.
10. Морозова Н.И. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 18 – Ирризирующие полевые шпаты. / Под ред. Е.Я. Киевленко. – М.: Изд. ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ. – 1978. – 73 с.
11. Отчет ИСМ НАН Украины о НИР 1114 (арх. №2105) «Исследование основных закономерностей процесса алмазной обработки цветных камней с целью установления оптимальных режимов обработки». / Руководители: Александров В.А., Бобровский Е.И., Ляхов В.Н. Гос. Рег.№73055305. Киев – ИСМ: 1974. – 74 с.
- Пегловський В.В., Сидорко В.І., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації. Частина 2. Фізико-механічні властивості напівдорогоцінного та декоративного каміння // Коштовне та декоративне каміння. – К.: Вид-во ДГЦУ. – 2009. – № 3 (57). – С. 16 – 21.
- Пегловський В.В., Сидорко В.І., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації. Частина 3. Основні поняття алмазної обробки каменів. Енергоємність обробки деяких видів природних каменів. Вплив властивостей каменів на енергоємність їх обробки // Коштовне та декоративне каміння. – Київ: Вид-во ДГЦУ. – 2009. – № 4 (58). – С. 16 – 20.
- Пегловський В.В., Сидорко В.І., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації. Частина 4. Трудомісткість обробки деяких видів природних каменів. Вплив міцнісних властивостей каменів на трудомісткість їх обробки // Коштовне та декоративне каміння. – К.: Вид-во ДГЦУ. – 2010. – № 1 (59). – С. 12 – 17.
12. Пегловський В.В., Сидорко В.І., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації. Частина 5. Хімічний склад природних каменів. Вплив деяких його компонентів на міцнісні властивості каменів, енергоємність і трудомісткість їх обробки // Коштовне та декоративне каміння. К.: Вид-во ДГЦУ. – 2010. – № 2 (60). – С. 4 – 11.
13. Сенкевич Н.Н. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 6. – Жадеит. / Под ред. Е.Я. Киевленко. – М.: ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ. – 1975. – 56 с.
- Сидорко В.І., Пегловський В.В., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації. Частина 1. Системи класифікацій природного каміння // Коштовне та декоративне каміння. – К.: Вид-во ДГЦУ. – 2009. – № 2 (56). – С. 8 – 11.
14. Стоялов С.П. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 5. – Родонит. / Под ред. Е.Я. Киевленко. – М.: ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ. – 1975. – 51 с.